

響灘海域の水質の変遷

杉野 浩二郎
(研究部)

Temporal Fluctuation of Water Quality in Hibiki-nada

Kojiro SUGINO
(Research Department)

響灘は、北九州市地先に位置しており、北九州工業地帯の影響を受け、1960年代には海域の汚染が進行していた。その後、水質汚濁防止法をはじめとする様々な制度や方策により響灘の水質は回復しつつあるといわれているが、長期的な資料を用いてその変化を解析した報告は少ない。響灘では'72から'96年にかけて継続して浅海定線調査が行われており、本田・田中(1995)は'72年から'88年までの資料を用いて響灘の海域区分を行い、当海域の水質環境を明らかにした¹⁾。本報では響灘における浅海定線調査が'96年を持って一応終了したことから、蓄積された資料を整理し、経年変動を解析した。また、海域区分についても調査時期による変動が考えられたため、経年変動の解析より得られた知見をもとに、いくつかの時期に分けて再度区分を試みた。また、水産生物の推移と水質環境推移の関連性を検討した。

方 法

調査は年4回(5, 8, 11, 3月)、図1に示した12点で行った。調査項目は気象、海象、水温、塩分、透明度、水色、D I N, D I P, C O D, D Oであり、解析にはこのうち塩分、透明度、D I N, D I P, C O Dの5項目を用いた。

沿岸域と沖合域における水質変動の違いを見るため、本田らによる海域区分¹⁾において最も洞海湾に近く、栄養塩濃度の高い海域とされたStn. 1と、沖合に位置し、栄養塩濃度の低い海域とされた中でも最も水深が深く、栄養塩濃度の低いStn. 6を代表点に選定し、各項目について経年変動を調べた。得られた結果から調査期間をいくつかの期間に区分し、期間ごとに項目別に各調査点の表層の平均値を算出し、それらを用いてクラスター分析²⁾を

行い、期間ごとの海域区分を行った。クラスター間の距離は重心法を用いて決定し、ユークリッド平方距離が2以下のクラスターを同一区分とした。

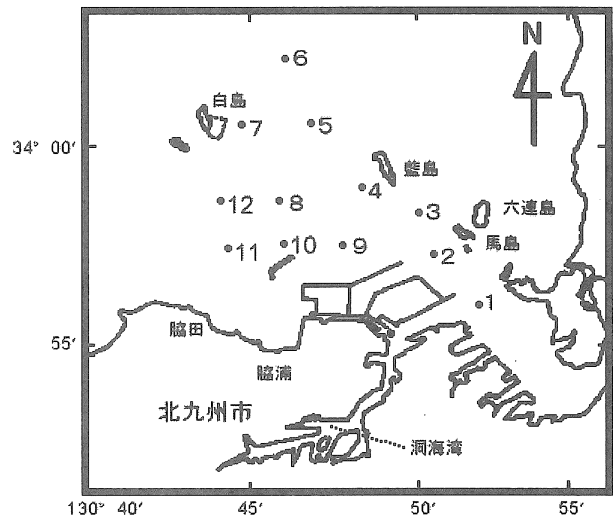


図1 調査定点

結 果

1. 経年変動

洞海湾口部(Stn. 1)、白島北東部(Stn. 6)の2点の水質の経年変動を図2に示した。

塩分は常にStn. 1で低く、Stn. 6で高かった。3年間を移動平均した結果から両者の変動傾向を見ると、Stn. 1では'78年以降やや低下傾向が見られる。一方Stn. 6では'78年までは高め、その後低下し'80年から'90年にかけて横ばいで推移し、'90年以降は低下傾向を示している。両調査点での塩分は長期的に見ると異なった変動傾向を示していることが分かる。

2. 期間区分及び海域区分

各調査項目に関する経年変動を調べた結果、この25年間の響灘海域の水質はその特徴によっていくつかの時期に分ける事ができる。すなわち栄養塩濃度とCODが高い時期('72~'76年)、栄養塩濃度が低く、CODが高い時期('77~'84年)、そして栄養塩濃度とCODが低い時期('85~'96年)である。それぞれを第1期、第2期、第3期とし、各時期について調査海域の区分を行った結果を図3~5に示す。また各時期の各項目の水質の水平分布図を図6~8に示した。

(1) 第1期(1972年~'76年)

第1期の響灘海域は図3に示したように洞海湾湾口部(Stn. 1)、馬島、藍島周辺海域(Stn. 2, 3, 4)、その他の海域(Stn. 5~12)の3海域に区分された。また第1期の各項目の水平分布は図6に示したように、洞海湾から沖合方向への分布を示し、塩分、透明度は増加、COD、栄養塩は減少していく。藍島西部の海域(Stn. 4, 5)でCODが高い調査点が見られた。各項目の水平分布を海域区分と比較すると、塩分は33.00と33.60の境界線で海域区分と一致しており、DINも $30\mu\text{g-at/l}$ 、 $10\mu\text{g-at/l}$ の境界線と非常によく一致していた。COD、DIP、透明度についても同様に良く合致しており、この海域区分は第1期の響灘の水質環境を的確に表現しているといえる。

(2) 第2期('77年~'84年)

第2期の海域区分を図4に示した。おおむね第1期と同様であったが、脇田沖海域(Stn. 11)が他の海域と区別され、洞海湾湾口部(Stn. 1)、馬島、藍島周辺海域(Stn. 2, 3, 4)、その他の海域(Stn. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12)と合わせて、4海域に区分された。第2期の各項目の水平分布は図7に示したように洞海湾から沖合方向への分布パターンは第1期と同様だが、各項目ごとに少しずつ異なった分布を示していた。塩分は脇田沖海域(Stn. 11)で低く、この海域が他の海域と区別された主要な要因となっている。CODは第1期同様藍島西部海域(Stn. 4)で高い点が認められた。DIN、DIPについては白島東部(Stn. 7)から白島南東部(Stn. 8)にかけて舌状に栄養塩濃度の低い海域が認められた。

(3) 第3期('85年~'96年)

第3期の海域区分を図5に示した。第1期、第2期とはかなり異なった様相を呈し、洞海湾湾口部(Stn. 1)、馬島南西部海域(Stn. 2)、馬島北西部及び藍島周辺海域(Stn. 3, 4)、白島北東部及び東部海域(Stn. 6, 7)、その他の海域(Stn. 5, 8, 9, 10, 11, 12)の5海域に区分された。第3期の各項目の水平分布を図8に示した。塩分、DIN、透明度の分布パターンは第1期、第2期同様に洞海湾を極大とする分布を示したが、COD、DIPの分布異なり、洞海湾湾口部(Stn. 1)を除きほぼ様な分布を示していた。またCODについて

は第1、第2期同様、藍島周辺に高い海域が認められた。海域区分と比較すると、塩分は33.10, 33.30, 33.50, 33.70の境界線で海域区分と一致しており、DIN、透明度についてもおおむね適合している。また馬島南西部海域(Stn. 2)と馬島北西部及び藍島周辺海域(Stn. 3, 4)の境界はCOD 0.9mg/lの境界線と一致する。

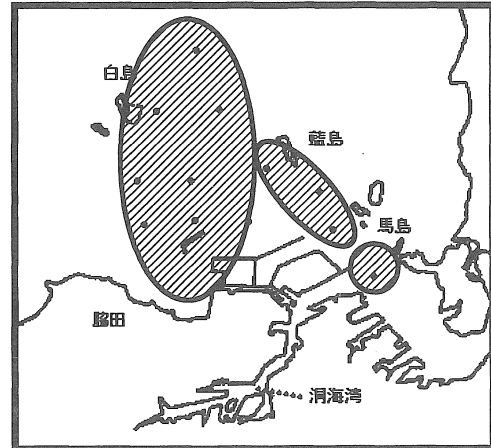


図3 第1期の海域区分

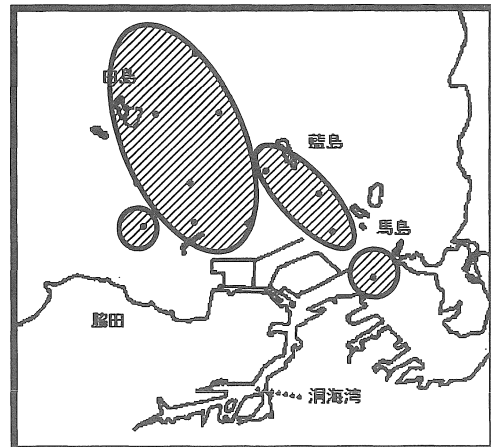


図4 第2期の海域区分

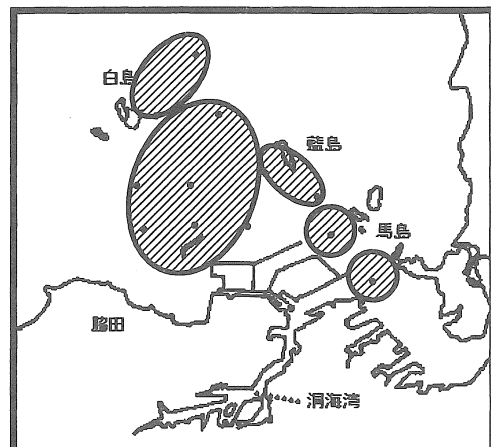


図5 第3期の海域区分

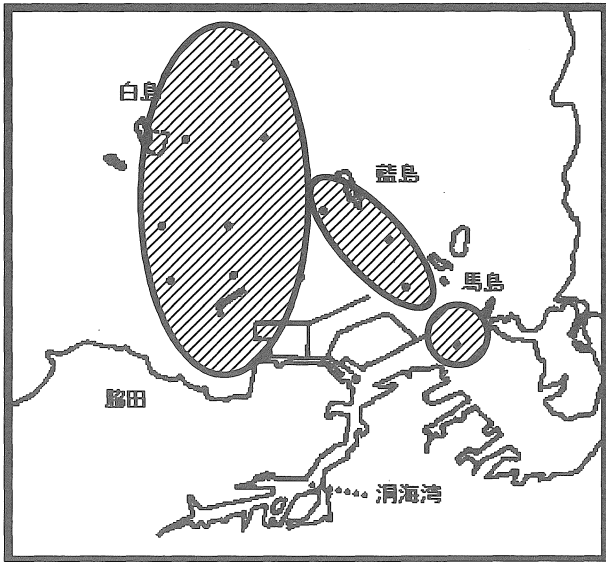


図3 第1期の海域区分

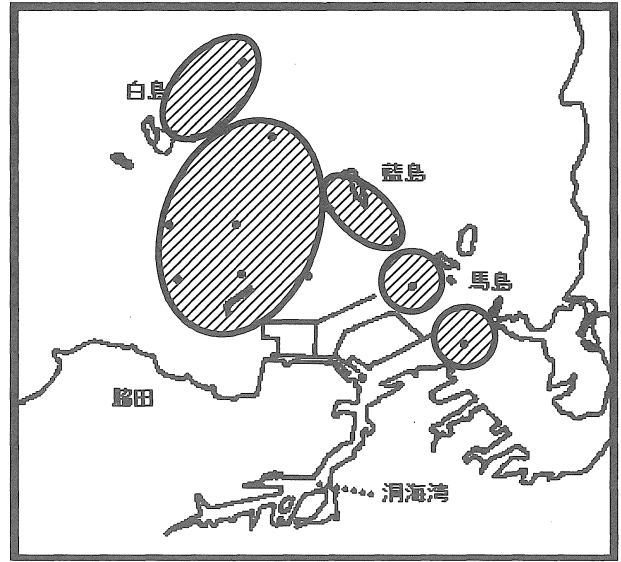


図5 第3期の海域区分

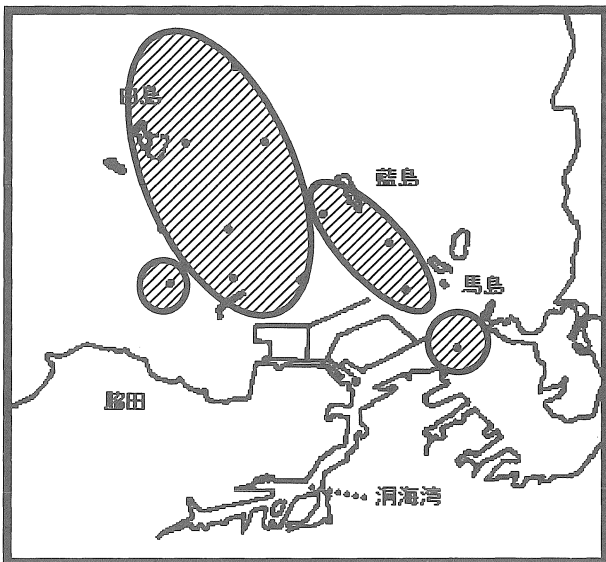


図4 第2期の海域区分

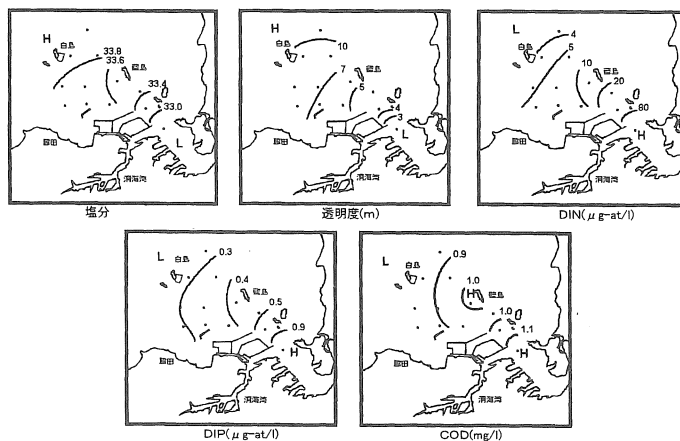


図6 第1期の水質の水平分布

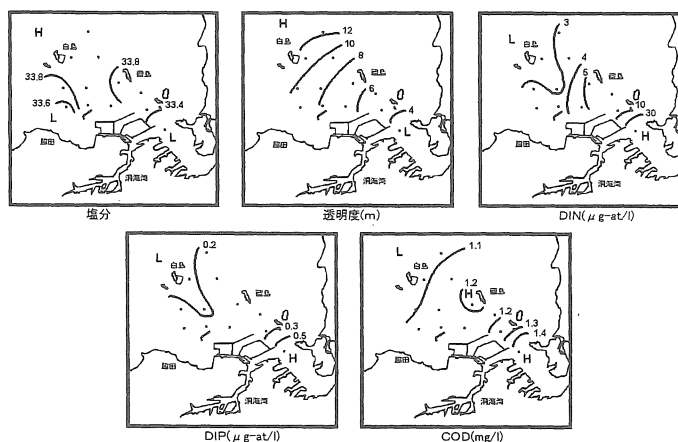


図7 第2期の水質の水平分布

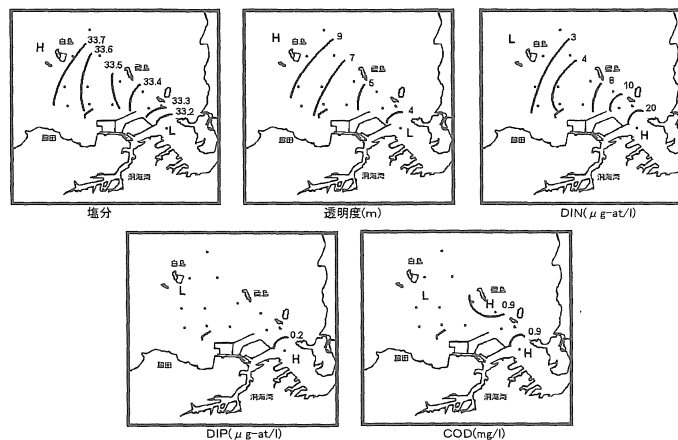


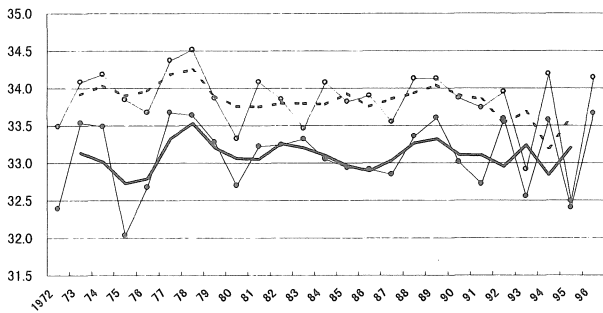
図8 第3期の水質の水平分布

透明度は25年間通じてStn. 1よりもStn. 6の方が高かった。その年変動は両調査点で異なっており、Stn. 1では年による変動幅は小さく、25年間に徐々に上昇していたが、Stn. 6では変動幅が大きく横ばいか低下傾向を示していた。

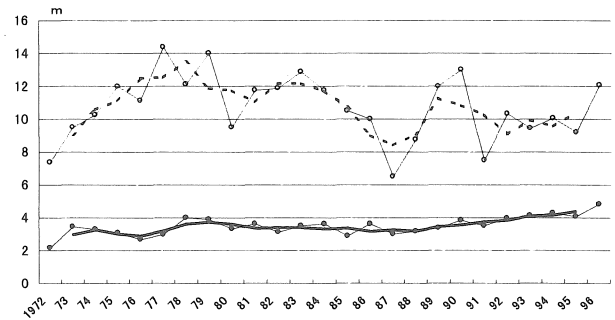
DINについて見ると、洞海湾水の影響を受けるStn. 1はStn. 6の数十倍の値を示し'70年代には $100 \mu\text{g-at/l}$ を超える場合もあった。しかし70年代後半から80年代初頭にかけて激減し、その後は年による変動はあるものの、以前の3分の1から4分の1程度で推移していた。移動平均を見ると、'77年までは $50\sim 90 \mu\text{g-at/l}$ であったのに対し'78年以降は $40 \mu\text{g-at/l}$ 以下で推移した。一方、Stn. 6では25年間ほとんど変化していないが、近年わずかながら増加傾向が認められた。

DIPもStn. 6に比べてStn. 1で著しく高い値を示している。'77年までは両調査点での値の差は2倍から6倍ほどであったが、'78年頃から急激に減少し、その差は小さくなった。

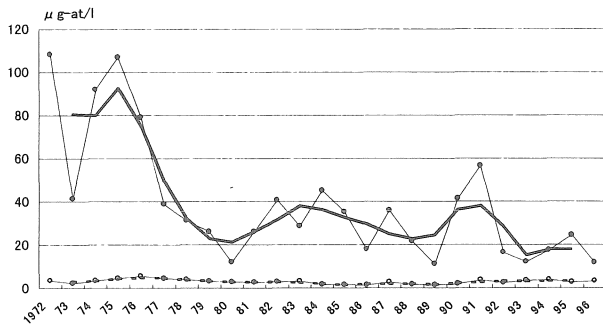
CODは海水中の有機物量、ひいてはプランクトン量の変動を知る上で重要な指標となる。年変動を見ると両調査点の変動は類似している。すなわち、両調査点共CODは'80年代前半まで高く、'84年を境に低下し、以降は $0.8\sim 1.2\text{mg/l}$ で推移した。'80年代までは'86年を除いてStn. 1の方がStn. 6よりも高かったが、'90年代に入るとStn. 6の方がStn. 1より高い場合が多かった。移動平均を見ても'80年代までは両者には $0.2\sim 0.5\text{mg/l}$ の差があったが、'90年以降ではほとんど認められない。また'90年以降、両調査点ともややCODが高くなっている。



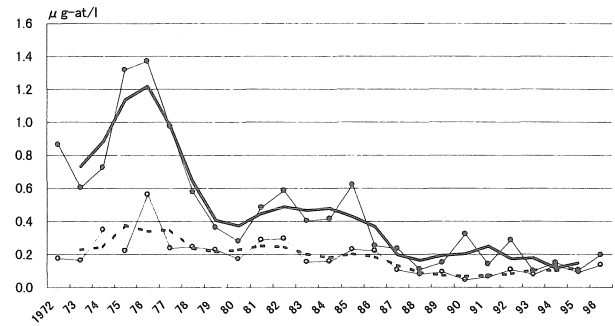
塩分



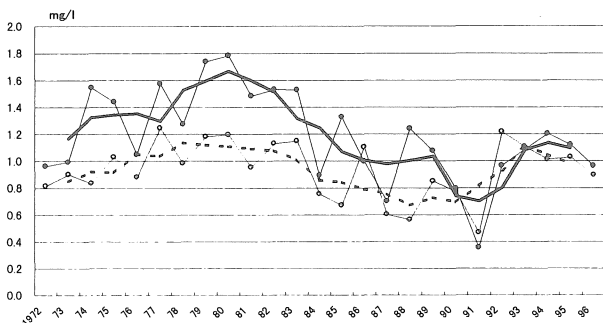
透明度



DIN



DIP



COD

● Stn.1
○ Stn.6
— Stn.1移動平均
- - - Stn.6移動平均

図2 各測定項目の経年変化

考 察

響灘海域は、主として3水塊からなっている。栄養塩濃度、CODが高く、塩分、透明度の低い洞海湾由来の水塊、栄養塩濃度、CODが低く塩分、透明度が高い沖合域の水塊、そしてその混合域である¹³⁾。今回の解析の結果、洞海湾は常に他の海域よりも著しく富栄養化が進行した海域であることが改めて確認されたが、洞海湾内水の響灘海域への影響は25年間で軽減しており、栄養塩濃度は'77年から'80年にかけて、CODは'84年から'86年頃に大きく減少していた。

響灘海域の水質に大きな影響を与える洞海湾について、'89年から'93年にかけて生物調査が行われている。その結果、大型のベントス、ネクトンだけでも100種類以上の生物が採集され、⁵⁾⁶⁾生物相の多様化、生息数の増加が生物学的にも洞海湾の環境の向上を証明している。

漁獲物でも洞海湾奥部でのクルマエビ漁の復活⁹⁾など、以前死の海と呼ばれていた当時から比べれば格段に豊かな海になったと言えよう。しかし一方で洞海湾から流入する窒素、リンが減少したことを受けて藍島、馬島、若松で営まれていたノリ養殖業が衰退していた⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。図9に藍島、馬島におけるノリ養殖業経営体数の推移を、図10に当該海域(Stn. 2, 3, 4の平均値)のD I N濃度の推移を、図11にクルマエビの漁獲量を示した。ノリ養殖業経営体数はD I N濃度の低下に伴い減少し、'83年以降は途絶えている。有明海では良質のノリの生産に必要な窒素量として $10\mu\text{g-at/l}$ を目安としており、 $8\mu\text{g-at/l}$ 以下になるとノリの色落ちが起きる*。これによれば、ノリ養殖が盛んだった第1期には藍島、馬島周辺海域のD I N濃度は $10\mu\text{g-at/l}$ を大きく超えており、良質なノリを生産することが可能だった。しかし、第2期以降はD I N濃度が $10\mu\text{g-at/l}$ を下回り、養殖に十分な窒素量が確保できなくなっている。その反面クルマエビの漁獲量は第1期、第2期は10t以下の低水準で推移していたが、第3期になると徐々に増加し、'93年には70tに達し、水質の向上とともに資源量の増加が認められる。

響灘における赤潮の発生は栄養塩濃度の減少にも関わらず'78年以降ほぼ毎年確認されており、'85年には*Gymnodinium nagasakiense*(現*G. mikimotoi*)赤潮による漁業被害が報告されている⁴⁾。洞海湾では夏季を中心に植物プランクトンの大量発生が認められ、慢性的な赤潮状態とな

っている⁵⁾。このことから以前に比べ水質が向上したとはいえ、洞海湾の富栄養化は未だ深刻な状態にあると思われる。

また響灘に近接する関門海峡では'83年頃からアサリが大量に発生した⁵⁾。その後'89年頃までは年間2000t以上の水揚げがあったが、'91年以降ほとんど資源が枯渇してしまった。その主な原因として乱獲が考えられる。このように近年になって回復した資源は、一般に環境容量についての知見に乏しく、適正な漁獲圧を求めるためにも今後一層の調査が必要になるものと考えられる。

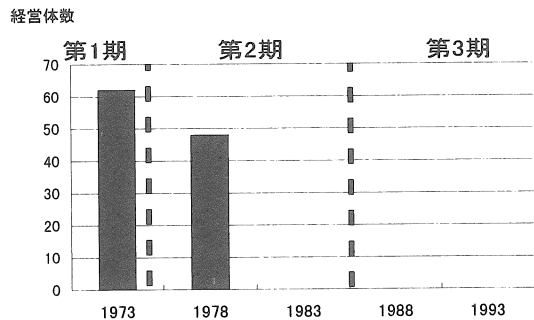


図9 藍島、馬島におけるノリ養殖業経営体数の推移

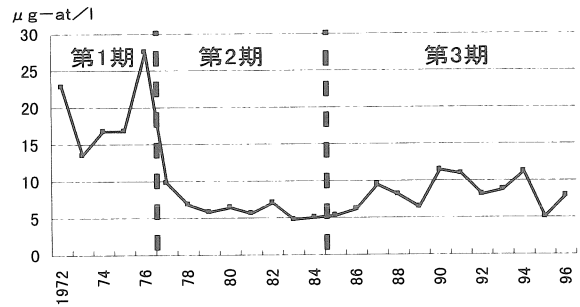


図10 藍島、馬島周辺海域(Stn. 2, 3, 4の平均)D I N濃度の推移

*ノリ養殖技術研修会テキスト、福岡県水産海洋技術センター有明海研究所(1990)

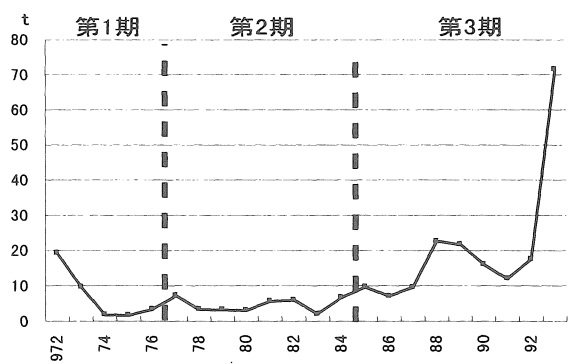


図11 藍島,馬島におけるクルマエビの漁獲量

要 約

- 1) 響灘における浅海定線調査が終了となったため、蓄積された観測資料(1972~'96年度)を整理し、響灘沿岸域の水質環境の変動を把握するための基礎資料として資する事を目的として解析した。
- 2) 塩分、透明度、COD、DIN、DIPについて、25年間の変動傾向を明らかにした。その結果、特に洞海湾周辺の海域において水質の向上が著しく、栄養塩は'76~'78年頃、CODは'84~'86年頃に急激な減少が認められた。
- 3) 調査時期を3期に分け、クラスター分析法による海域区分を行った結果、いずれの時期でも洞海湾は他の海域と区別された。
- 4) 各調査項目の水平分布はほとんどの場合洞海湾から沖合にかけて塩分、透明度では増加、COD、栄養塩では減少する傾向が認められた。
- 5) 水質は向上しているが、近年沖合域で若干の栄養塩

の増加、透明度の低下が認められた。

- 6) ノリ養殖経営体数の推移を響灘水質の推移と比較するとDIN濃度の低下に伴い経営体数も減少していた。しかし、クルマエビの漁獲量はDIN濃度、CODの低下した時期に大きく増加していた。

文 献

- 1) 本田清一郎・田中義興：響灘沿岸域における水質環境、福岡水産試験場研究業務報告、第17号、45-50(1991)。
- 2) 木下栄蔵：多変量解析入門、第1版、近代科学社、東京、1995、pp. 89-103。
- 3) 三井田恒博・河辺克己・松尾新一・田中義興：関門西口海域における水塊流動と拡散の特性、沿岸海洋研究ノート、12(1)、59-70(1974)。
- 4) 洞海湾総合調査報告書Ⅲ、生態系の主要生物群、59-86、142(1994)。
- 5) 洞海湾総合調査報告書Ⅰ、魚、エビ・カニ類、15-34、75-89(1990)。
- 6) 福岡県の漁業(第5次漁業センサス結果報告書)(1975)。
- 7) 第6次漁業センサス第5報(海面漁業の市町村別統計総括編)(1980)。
- 8) 福岡県の漁業(第7次漁業センサス結果報告書)(1985)。
- 9) 福岡県の漁業(第8次漁業センサス結果報告書)(1990)。
- 10) 福岡県の漁業(第9次漁業センサス結果報告書)(1995)。
- 11) 北九州市海域総合開発構想策定調査報告書、29-30(1994)。